云 南 植 物 研 究 2004，26（1）：103～110
Acta Botanica Yunnanica

赖草属植物醇溶蛋白的遗传多态性*

杨瑞武**，魏秀华，周永红，郑有良
（四川农业大学小麦研究所，四川 都江堰 611830）

摘要：用酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳（A-PAGE）对小麦族赖草属 20 种和 1 亚种的 45 份材料进行醇溶蛋白遗传分析，结果表明：（1）45 份材料共出现 43 种不同的醇溶蛋白图谱，从中分离出的 38 条带纹多态性高达 100%；（2）赖草属植物具有丰富的醇溶蛋白遗传多态性，其种间和种内不同居群间均存在明显的醇溶蛋白遗传变异，其种间变异大于种内变异，醇溶蛋白图谱可以作为鉴定赖草属植物的指纹图谱；（3）醇溶蛋白图谱的聚类结果与形态学结果基本一致，表明醇溶蛋白资料可以运用于赖草属植物种间、种内遗传差异及亲缘关系研究。

关键词：赖草属；遗传多态性；醇溶蛋白；亲缘关系；聚类分析
中图分类号：Q 943　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253－2700(2004)01－0103－08

Genetic Polymorphism of Gliadin in *Leymus*

YANG Rui-Wu**，WEI Xiu-Hua，ZHOU Yong-Hong，ZHENG You-Liang
(*Triticeae Resaerch Institute*，*Sichuan Agricultural University*，Dujiangyan 611830，China)

Abstract：The gliadin genetic polymorphism among 45 accessions of 20 species and 1 subspecies in *Leymus* Hochst. were analyzed by using acid polyacrylamide gel electrophoresis (A-PAGE). The results showed as follows：(1) 43 types of gliadin patterns were obtained from the tested materials and 41 materials had their unique patterns respectively. A total of 38 gliadin bands were separated by electrophoresis，of all showing polymorphism，which amounts to 100%. (2) Distinct gliadin genetic variations were presented among the populations. The gliadin genetic variations among different species were more abundant than that of different accessions，and it revealed that the gliadin patterns can be used as a fingerprint to survey different materials in *Leymus* Hochst. (3) The relationships among species in *Leymus* Hochst. according to gliadin data are basically comparable with that obtained from morphological data，so that the gliadin patterns data can be used to investigate genetic variation and biosystematic relationships among species in *Leymus* Hochst.

Key words：*Leymus*；Genetic polymorphism；Gliadin；Relationship；Cluster analysis

赖草属 *Leymus* Hochst. 是禾本科 Poaceae 小麦族 Triticeae Dumortier 的一个重要多年生属，全世界 40 余种，从北海沿岸地区，越过中亚到东亚直至阿拉斯加和北美西部的广阔

* 基金项目：国家自然科学基金资助项目（30270099）和四川省教育厅重点项目
收稿日期：2003－04－05，2003－09－24 接受发表
作者简介：杨瑞武（1969－）男，副教授，博士，主要从事植物学教学和小麦族系统学研究。
** 现在四川农业大学生命科学与理学院工作，四川 雅安 625014 E－mail：YRWU@sicau.edu.cn

地域均有分布，多集中分布于中亚和北美的高山（Tzvelev，1976；Dewey，1984）。我国约18种，主要分布于西北、华北、东北及西南地区（智力和蔡联炳，2000）。该属多为草原、草甸的主要成分和优良牧草，具较高的饲用价值。由于赖草属常生长在盐碱地和干旱半干旱的山坡、地埂，一些种对寒冷、干旱、盐碱土等不良环境具有高度的适应性；有些种还有抗病虫、穗大、粒多、粒大、高光效等优良特性。因此，作为育种的重要三级基因源，该属植物对改良遗传基础日益狭窄的麦类作物具有重要意义。

近年来，国内外已将醇溶蛋白电泳分析广泛应用于植物种类鉴别（Draper，1987；颜启传等，1992）、遗传分析（兰秀锦等，1999；唐慧慧等，2002）、种子纯度检验（Pogna等，1986）、代换系和易位系以及体细胞无性系变异鉴定（鲍晓明等，1993）等方面，亦用于研究某些小麦近缘种属的起源和演化（张学勇等，1995；杨瑞武等，2000，2001）。用于遗传多态性分析的仅涉及披碱草属 *Elymus* L.（杨瑞武等，2000）、大麦属 *Hordeum* L.（湛小燕等，1991；唐慧慧等，2002）和山羊草属 *Aegilops* L.（张学勇等，1995）等少数属种，赖草属植物则未见报道。本文首次用酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳对赖草属21个分类群（20种和1亚种）的45份材料进行醇溶蛋白遗传分析，旨在建立该属植物的醇溶蛋白“指纹图谱”，探讨其多态性，为系统关系研究和用以改良麦类作物品质提供有用资料。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试材料的种名、编号及来源见表1。材料由美国国家植物种质资源库（National Germplasm Repositories，USA）提供，栽于四川农业大学小麦研究所多年生材料种植圃，凭证标本存四川农业大学小麦研究所植物标本室（SAUTI）。

1.2 研究方法

1.2.1 **样品提取** 每份材料取10粒种子称重，碎后放入1.5 ml离心管中，按1 mg加5 μl的比例加入样品提取液（2－氯乙醇25%、甲基绿0.05%），振荡混匀，室温浸提过夜。1 000 r/min离心10 min，取上清液点样。

1.2.2 **酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳（A-PAGE）** 采用ISTA（1986）颁布的A-PAGE（pH 3.1）程序（稍加改进）电泳分析醇溶蛋白。电泳仪为北京六一仪器厂产DYY-Ⅲ28D型。为使条带清晰、分开，上样量10 μl，恒压500 V，恒温10～15℃，电泳3 h。

1.2.3 **数据处理** 电泳图谱按条带有无赋值，有记1，无记0。按Jaccard（1908）的方法计算材料间的Jaccard遗传相似系数（GS），$GS = 2N_{ij}/(N_i + N_j)$ 其中，N_i 为材料i的条带数，N_j 为材料j的条带数，N_{ij} 为i和j中都出现的条带数。按不加权成对群算术平均法（UPGMA）聚类。统计分析在NTSYS-pc软件系统（Rohlf，1993）下进行。

2 结果与分析

2.1 醇溶蛋白的遗传多态性

赖草属的45份材料以中国春小麦 *Triticum aestivum* cv. Chinese Spring 作对照的醇溶蛋白图谱如图1所示。可见共分离出38条带纹，按分子量由小到大、迁移速率由快到慢可分为α、β、γ、ω 4个区。主要分布于ω或α区，β区也较多，γ区较少。在38条带纹中，找不到1条是45份材料共有的，即其多态性为100%，表明赖草属植物醇溶蛋白的遗传差异较大。

表 1　供试材料

Table 1　Materials used in this study

序号 No.	分类群 Taxon	编号 Accession	来源 Origin
1	阿克摩林赖草 *L. akmolinensis*	PI440306	俄联邦 Russian Federation
2	卡拉塔威赖草 *L. alaicus* ssp. *karataviensis*	PI314667	哈萨克斯坦阿拉木图 Alma-Ata，Kazakhstan
3	含糊赖草 *L. ambiguus*	PI531795	美国科罗里达 Colorado，USA
4	窄颖赖草 *L. angustus*	PI440307	哈萨克斯坦 Kazakhstan
5	窄颖赖草 *L. angustus*	PI440308	哈萨克斯坦 Kazakhstan
6	窄颖赖草 *L. angustus*	PI440317	前苏联 Former Soviet Union
7	窄颖赖草 *L. angustus*	PI440318	前苏联 Former Soviet Union
8	窄颖赖草 *L. angustus*	PI531797	中国新疆 Xinjiang，China
9	窄颖赖草 *L. angustus*	PI547357	中国内蒙古 Nei Monggol，China
10	沙生赖草 *L. arenarius*	PI272126	哈萨克斯坦阿拉木图 Alma-Ata，Kazakhstan
11	羊草 *L. chinensis*	PI499514	中国内蒙古 Nei Monggol，China
12	灰赖草 *L. cinereus*	PI469229	加拿大萨斯克其万 Saskatchewan，Canada
13	灰赖草 *L. cinereus*	PI478831	美国蒙大拿 Montana，United States
14	灰赖草 *L. cinereus*	PI537353	美国爱达荷 Idaho，United States
15	灰赖草 *L. cinereus*	PI598954	加拿大英属哥伦比亚 British Columbia，Canada
16	密穗赖草 *L. condensatus*	PI442483	比利时安特卫普 Antwerp，Belgium
17	毛药赖草（新拟） *L. erianthus*	W613826	阿根廷 Argentina
18	新生赖草 *L. innovatus*	PI236818	加拿大 Canada
19	卡瑞赖草 *L. karelinii*	PI598525	中国新疆乌鲁木齐 Urumchi，Xinjiang，China
20	卡瑞赖草 *L. karelinii*	PI598529	中国新疆石河子 Shihezi，Xinjiang，China
21	卡瑞赖草 *L. karelinii*	PI598534	中国新疆石河子 Shihezi，Xinjiang，China
22	卡瑞赖草 *L. karelinii*	PI598541	中国新疆乌苏 Usu，Xinjiang，China
23	杂种赖草 *L. hybrid*	PI537362	美国内华达 Nevada，United States
24	杂种赖草 *L. hybrid*	PI537363	美国内华达 Nevada，United States
25	滨麦 *L. mollis*	PI567896	美国阿拉斯加 Alaska，United States
26	多枝赖草 *L. multicaulis*	PI440324	哈萨克斯坦 Kazakhstan
27	多枝赖草 *L. multicaulis*	PI440325	哈萨克斯坦 Kazakhstan
28	多枝赖草 *L. multicaulis*	PI440326	哈萨克斯坦 Kazakhstan
29	多枝赖草 *L. multicaulis*	PI440327	哈萨克斯坦 Kazakhstan
30	多枝赖草 *L. multicaulis*	PI499520	中国新疆 Xinjiang，China
31	毛穗赖草 *L. paboanus*	PI272135	哈萨克斯坦 Kazakhstan
32	毛穗赖草 *L. paboanus*	PI316234	前苏联 Former Soviet Union
33	毛穗赖草 *L. paboanus*	PI531808	爱沙尼亚 Estonia
34	柴达木赖草 *L. pseudoracemosus*	PI531810	中国青海 Qinghai，China
35	大赖草 *L. racemosus*	PI272134	哈萨克斯坦 Kazakhstan
36	大赖草 *L. racemosus*	PI315079	前苏联 Former Soviet Union
37	大赖草 *L. racemosus*	PI478832	美国蒙大拿 Montana，United States
38	分枝赖草 *L. ramosus*	PI440329	哈萨克斯坦 Kazakhstan
39	分枝赖草 *L. ramosus*	PI499653	中国新疆 Xinjiang，China
40	盐生赖草 *L. salinus*	PI531815	美国怀俄明 Wyoming，United States
41	盐生赖草 *L. salinus*	PI531816	美国犹他 Utah，United States
42	赖草 *L. secalinus*	PI499527	中国甘肃 Gansu，China
43	赖草 *L. secalinus*	PI499535	中国新疆 Xinjiang，China
44	无芒赖草 *L. triticoides*	PI516194	美国俄勒冈 Oregon，United States
45	无芒赖草 *L. triticoides*	PI531821	美国内华达 Nevada，United States

2.2　醇溶蛋白遗传相似系数和聚类分析

45 份赖草属材料的醇溶蛋白 Jaccared 遗传相似系数见表 2，变异范围 0.04～0.89，说明其具有较丰富的遗传多样性。按 UPGMA 法进行聚类分析，如图 2，可聚为三大类。两份卡瑞赖草（图 1 泳道 20 和 21）和多枝赖草（图 1 泳道 29 和 30）分别具有相同的醇溶蛋白图谱，它们的遗传相似系数为 1.00，都可视为同一材料。

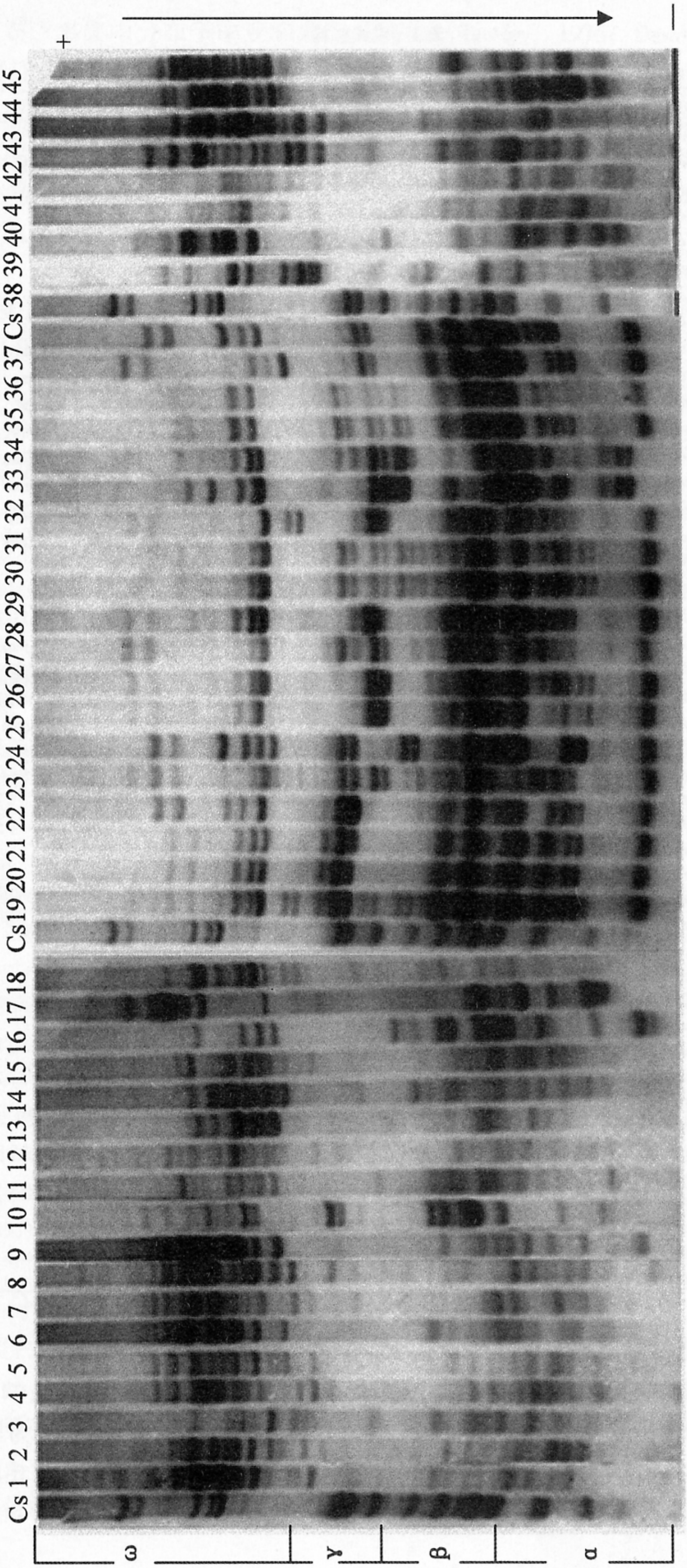

图 1 赖草属 45 份材料的醇溶蛋白 A-PAGE 电泳图谱（Cs：中国春小麦；其余材料序号见表 1）

Fig.1 Patterns of gliadins of 45 materials in Leymus after A-PAGE

(Cs:Triticum aestivum cv. Chinese Spring; the number of 1~45 refers to the materials listed in Table 1)

表 2　赖草属植物醇溶蛋白 Jaccard 遗传相似性系数

Table 2　Matrix of Jaccard's coefficients of genetic similarity based on gliadin data

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
1	1.00																																												
2	0.38	1.00																																											
3	0.25	0.21	1.00																																										
4	0.41	0.60	0.25	1.00																																									
5	0.28	0.48	0.20	0.74	1.00																																								
6	0.50	0.37	0.27	0.47	0.42	1.00																																							
7	0.36	0.42	0.25	0.53	0.40	0.53	1.00																																						
8	0.28	0.55	0.26	0.43	0.39	0.42	0.47	1.00																																					
9	0.35	0.48	0.26	0.43	0.33	0.42	0.40	0.60	1.00																																				
10	0.27	0.23	0.25	0.38	0.33	0.35	0.26	0.27	0.27	1.00																																			
11	0.25	0.28	0.23	0.32	0.26	0.27	0.18	0.26	0.33	0.25	1.00																																		
12	0.27	0.22	0.15	0.26	0.21	0.38	0.27	0.21	0.21	0.27	0.15	1.00																																	
13	0.15	0.35	0.23	0.32	0.26	0.27	0.18	0.33	0.33	0.11	0.23	0.25	1.00																																
14	0.13	0.32	0.38	0.29	0.24	0.31	0.22	0.37	0.30	0.16	0.20	0.31	0.80	1.00																															
15	0.15	0.28	0.07	0.32	0.26	0.27	0.43	0.26	0.20	0.18	0.14	0.50	0.33	0.38	1.00																														
16	0.12	0.29	0.18	0.21	0.12	0.15	0.14	0.17	0.40	0.14	0.25	0.19	0.33	0.29	0.18	1.00																													
17	0.23	0.26	0.31	0.30	0.25	0.25	0.40	0.32	0.32	0.24	0.13	0.07	0.13	0.12	0.13	0.17	1.00																												
18	0.55	0.32	0.29	0.29	0.18	0.31	0.29	0.30	0.37	0.22	0.38	0.31	0.29	0.33	0.29	0.29	0.19	1.00																											
19	0.13	0.25	0.22	0.28	0.24	0.29	0.33	0.24	0.29	0.33	0.17	0.23	0.17	0.25	0.27	0.33	0.12	0.15	1.00																										
20	0.17	0.32	0.22	0.35	0.25	0.32	0.37	0.25	0.36	0.44	0.22	0.31	0.22	0.26	0.29	0.30	0.15	0.14	0.70	1.00																									
21	0.17	0.32	0.22	0.35	0.25	0.32	0.37	0.25	0.36	0.44	0.22	0.31	0.22	0.26	0.29	0.30	0.15	0.14	0.70	1.00	1.00																								
22	0.28	0.41	0.20	0.38	0.28	0.42	0.40	0.39	0.39	0.56	0.14	0.28	0.20	0.24	0.20	0.27	0.25	0.24	0.50	0.67	0.67	1.00																							
23	0.15	0.24	0.14	0.32	0.33	0.17	0.17	0.23	0.33	0.40	0.14	0.15	0.14	0.13	0.14	0.33	0.19	0.18	0.44	0.30	0.30	0.39	1.00																						
24	0.22	0.30	0.21	0.28	0.24	0.24	0.23	0.29	0.35	0.50	0.28	0.16	0.15	0.14	0.15	0.42	0.26	0.32	0.40	0.38	0.38	0.55	0.63	1.00																					
25	0.06	0.24	0.06	0.12	0.13	0.10	0.10	0.17	0.23	0.10	0.12	0.13	0.19	0.17	0.12	0.35	0.05	0.11	0.35	0.32	0.32	0.35	0.29	0.24	1.00																				
26	0.18	0.27	0.24	0.25	0.21	0.14	0.19	0.21	0.32	0.25	0.24	0.11	0.17	0.15	0.11	0.32	0.22	0.21	0.43	0.42	0.42	0.45	0.45	0.40	0.60	1.00																			
27	0.11	0.12	0.22	0.24	0.20	0.19	0.13	0.15	0.25	0.44	0.16	0.11	0.16	0.20	0.10	0.24	0.28	0.14	0.42	0.40	0.40	0.43	0.58	0.45	0.32	0.50	1.00																		
28	0.14	0.28	0.25	0.36	0.27	0.33	0.26	0.27	0.32	0.38	0.25	0.20	0.25	0.29	0.19	0.26	0.24	0.17	0.48	0.48	0.48	0.50	0.50	0.45	0.40	0.58	0.72	1.00																	
29	0.13	0.26	0.17	0.24	0.21	0.15	0.19	0.25	0.35	0.29	0.23	0.08	0.17	0.16	0.13	0.35	0.17	0.16	0.63	0.50	0.50	0.46	0.59	0.55	0.43	0.68	0.50	0.57	1.00																
30	0.13	0.26	0.17	0.24	0.21	0.15	0.19	0.25	0.35	0.29	0.23	0.08	0.17	0.16	0.13	0.35	0.17	0.16	0.63	0.50	0.50	0.46	0.59	0.55	0.43	0.68	0.50	0.57	1.00	1.00															
31	0.11	0.21	0.29	0.24	0.20	0.25	0.18	0.20	0.25	0.24	0.16	0.17	0.22	0.33	0.22	0.30	0.15	0.20	0.48	0.33	0.33	0.36	0.36	0.32	0.47	0.59	0.56	0.63	0.43	0.43	1.00														
32	0.16	0.25	0.15	0.28	0.19	0.24	0.17	0.19	0.19	0.29	0.35	0.29	0.15	0.19	0.21	0.29	0.09	0.25	0.35	0.26	0.26	0.29	0.29	0.30	0.30	0.40	0.32	0.45	0.36	0.36	0.45	1.00													
33	0.15	0.19	0.14	0.27	0.19	0.23	0.17	0.28	0.33	0.27	0.33	0.15	0.20	0.18	0.14	0.27	0.09	0.18	0.44	0.30	0.30	0.28	0.45	0.41	0.29	0.38	0.36	0.50	0.59	0.59	0.36	0.55	1.00												
34	0.09	0.22	0.24	0.21	0.17	0.16	0.20	0.21	0.31	0.30	0.18	0.09	0.13	0.17	0.08	0.30	0.17	0.12	0.65	0.52	0.52	0.48	0.55	0.50	0.38	0.63	0.52	0.59	0.85	0.85	0.45	0.38	0.55	1.00											
35	0.10	0.24	0.26	0.22	0.19	0.17	0.22	0.23	0.33	0.33	0.20	0.10	0.14	0.18	0.09	0.27	0.19	0.13	0.57	0.50	0.50	0.45	0.52	0.48	0.35	0.61	0.58	0.65	0.75	0.75	0.50	0.41	0.52	0.89	1.00										
36	0.05	0.25	0.21	0.19	0.15	0.30	0.23	0.24	0.24	0.17	0.15	0.10	0.21	0.25	0.10	0.29	0.26	0.09	0.46	0.38	0.38	0.41	0.19	0.25	0.44	0.40	0.38	0.52	0.36	0.36	0.45	0.25	0.24	0.43	0.41	1.00									
37	0.16	0.36	0.28	0.28	0.19	0.37	0.35	0.35	0.35	0.29	0.21	0.22	0.21	0.25	0.15	0.29	0.26	0.19	0.46	0.45	0.45	0.55	0.29	0.36	0.44	0.47	0.32	0.52	0.42	0.42	0.38	0.30	0.29	0.50	0.48	0.76	1.00								
38	0.27	0.29	0.25	0.38	0.33	0.28	0.33	0.22	0.17	0.20	0.25	0.19	0.11	0.16	0.25	0.14	0.11	0.29	0.39	0.30	0.30	0.22	0.17	0.23	0.10	0.19	0.08	0.16	0.24	0.24	0.18	0.13	0.17	0.25	0.17	0.23	0.29	1.00							
39	0.12	0.13	0.18	0.26	0.33	0.15	0.14	0.22	0.17	0.20	0.25	0.12	0.05	0.05	0.05	0.04	0.11	0.10	0.23	0.18	0.18	0.17	0.12	0.13	0.21	0.32	0.13	0.21	0.24	0.24	0.24	0.29	0.27	0.25	0.22	0.23	0.23	0.33	1.00						
40	0.07	0.21	0.23	0.19	0.20	0.19	0.11	0.26	0.33	0.18	0.23	0.15	0.14	0.20	0.07	0.11	0.06	0.13	0.12	0.16	0.16	0.14	0.20	0.15	0.12	0.24	0.16	0.32	0.23	0.23	0.22	0.21	0.26	0.30	0.33	0.15	0.21	0.11	0.25	1.00					
41	0.15	0.15	0.33	0.25	0.26	0.27	0.25	0.20	0.26	0.33	0.23	0.15	0.14	0.20	0.14	0.05	0.21	0.13	0.22	0.29	0.29	0.20	0.14	0.15	0.06	0.24	0.22	0.32	0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	0.30	0.33	0.15	0.21	0.18	0.33	0.45	1.00				
42	0.29	0.43	0.28	0.45	0.48	0.44	0.42	0.48	0.35	0.29	0.15	0.22	0.21	0.25	0.21	0.04	0.33	0.25	0.21	0.21	0.21	0.29	0.19	0.25	0.04	0.17	0.16	0.28	0.17	0.17	0.21	0.15	0.15	0.22	0.24	0.25	0.30	0.29	0.29	0.35	0.35	1.00			
43	0.27	0.35	0.25	0.45	0.40	0.35	0.33	0.40	0.40	0.20	0.11	0.19	0.33	0.29	0.18	0.09	0.11	0.16	0.28	0.30	0.30	0.22	0.17	0.13	0.10	0.14	0.13	0.21	0.19	0.19	0.18	0.08	0.22	0.20	0.22	0.17	0.17	0.33	0.26	0.25	0.25	0.50	1.00		
44	0.29	0.30	0.21	0.33	0.35	0.37	0.29	0.48	0.41	0.23	0.35	0.22	0.28	0.32	0.28	0.17	0.14	0.47	0.25	0.21	0.21	0.29	0.19	0.25	0.18	0.33	0.16	0.28	0.31	0.31	0.32	0.30	0.29	0.27	0.24	0.20	0.25	0.42	0.42	0.35	0.28	0.36	0.29	1.00	
45	0.35	0.41	0.33	0.38	0.39	0.42	0.33	0.60	0.52	0.22	0.41	0.15	0.26	0.30	0.20	0.17	0.25	0.44	0.24	0.20	0.20	0.28	0.19	0.29	0.17	0.32	0.15	0.27	0.30	0.30	0.30	0.24	0.28	0.26	0.23	0.24	0.29	0.40	0. 40	0.33	0.26	0.48	0.33	0.82	1.00

注：材料序号同表 1。Note：The material order from 1，2，3，......，to 45 is described in the same order as in Table 1.

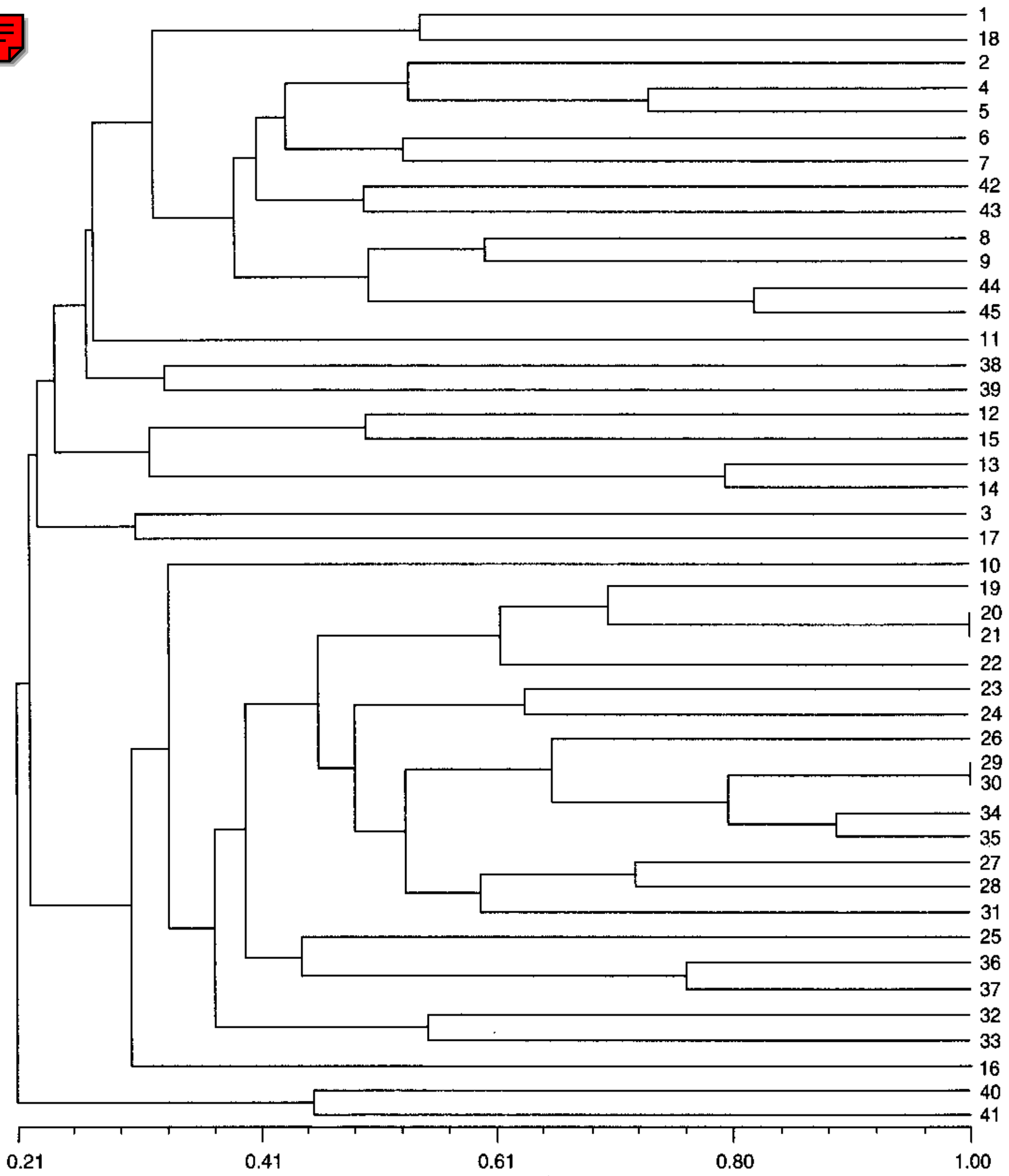

图 2 赖草属 45 份材料的醇溶蛋白聚类图（材料序号同表 1）

Fig. 2 A dendrogram generated from gliadin data of 45 materials in Leymus

（The number of 1～45 refers to the materials listed in Table 1）

在 21 个不同种间，甘肃的赖草与密穗赖草、滨麦之间的相似系数仅 0.04，密穗赖草与新疆的分枝赖草间也仅 0.04，表明彼此的亲缘关系较远。同样，盐生赖草与密穗赖草、滨麦间的关系也较远（相似系数分别为 0.05、0.06）。柴达木赖草与哈萨克斯坦的大赖草间的相似系数最大，达 0.89，与 3 份大赖草的平均系数为 0.61，说明亲缘关系较近。同样，柴达木赖草与 5 份多枝赖草的平均相似性系数为 0.69（高的达 0.85），关系也较近。

4 份卡瑞赖草相似系数平均值为 0.62，变化范围为 0.50～0.70，可见其醇溶蛋白遗传差异较小。5 份多枝赖草亦然（相似系数平均值为 0.59，变幅 0.50～0.72）。6 份窄颖赖草相似性系数 0.33～0.74，平均值 0.47，我国内蒙的材料与另 5 份的差异相对较大。4 份灰赖草的相似性系数 0.25～0.80，平均值 0.43，也说明它们的遗传差异较大。

3 讨论

3.1 醇溶蛋白鉴定赖草属植物的价值

麦类植物种子醇溶蛋白的组成由遗传因素决定，其酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳可以作为资源鉴定的有效手段（张学勇等，1995）。本研究对赖草属 21 种 45 份材料的醇溶蛋白电泳图谱分析，结果显示不同材料差异明显，可以作为指纹图谱，用于区分种及种内不同材料。

醇溶蛋白电泳技术能够简便、快速地鉴定种质资源材料是否重复，从而提高保存和利用的效率。本研究就发现卡瑞赖草和多枝赖草各有两份材料具有相同的醇溶蛋白电泳图谱，可将其分别合并处理为同一材料。

3.2 醇溶蛋白探讨赖草属植物系统关系的意义

颜启传等（1992）认为种子醇溶蛋白图谱差异的大小可以作为品种间亲缘关系远近的一项指标。醇溶蛋白电泳已成功应用于节节麦（张学勇等，1995；兰秀锦等，1999）和大麦（湛小燕等，1991；唐慧慧等，2002）的起源与进化研究。小麦族的部分属、种的醇溶蛋白图谱差异能够反映一定的系统关系（杨瑞武等，2000，2001）。

21 种 45 份赖草属材料表现出较高的醇溶蛋白多态性，大多表现为种间差异大于种内差异，这与形态学差异基本一致。但也有较大的种内差异，甚至超过了某些种间差异（我国内蒙的窄颖赖草与哈萨克斯坦的 PI440308 号材料相似性系数为 0.33，卡拉塔威赖草与 6 份窄颖赖草的平均相似性系数为 0.48）。可能这与赖草属是一个四倍体到十二倍体都有的多倍体属，部分种内也存在着染色体倍性的变化（孙根楼等，1990）有关。我们在研究披碱草属植物的醇溶蛋白时也发现小麦族植物的醇溶蛋白带纹多少与物种的染色体数目有关（杨瑞武等，2000）。

从聚类结果（图 2）看，基本上是同种的不同材料先聚在一起，然后与其它种聚类。同属 sect. *Anisopyrum*（Griseb.）Tzvel. 的新生赖草、无芒赖草、羊草、分枝赖草、灰赖草、含糊赖草和毛药赖草以及同属 sect. *Aphanoneuron*（Nevski）Tzvel. 的阿克摩林赖草、卡拉威特赖草、窄颖赖草、赖草聚在一起；属于 sect. *Leymus* Hochst. 的沙生赖草、大赖草、滨麦、柴达木赖草聚在一起。但也有例外，盐生赖草属于 sect. *Anisopyrum*，它不与新生赖草等聚为一类，而是单独聚为一大类；毛穗赖草、卡瑞赖草属于 sect. *Aphanoneuron*，密穗赖草、杂种赖草和多枝赖草属于 sect. *Anisopyrum*，却与沙生赖草等聚在一起。这可能与材料的地理分布有关。柴达木赖草与大赖草的相似性系数达 0.89 而首先聚在一起，其在形态上也很相近（颜济等，1983）。由此可见，醇溶蛋白资料能够反映赖草属植物一定的系统关系，但应综合考虑形态学、细胞学和分子生物学方面的资料才能揭示它们的真实系统关系。

3.3 赖草属植物用于改良麦类作物品质的可行性

目前可见大赖草、无芒赖草、灰赖草、窄颖赖草、沙生赖草、羊草、滨麦、多枝赖草、赖草和新生赖草等的有用基因通过远缘杂交转移到小麦中（葛荣朝等，2001）。因此，

具有丰富的醇溶蛋白类型的赖草属植物必将成为麦类作物品质改良的理想基因资源。

随着分子生物学技术的发展，将有更多的赖草属优良基因可转移到麦类作物。由图1可见，羊草、灰赖草、新生赖草、无芒赖草、阿克摩林赖草、卡拉威特赖草、含糊赖草、窄颖赖草、分枝赖草、赖草和毛药赖草的醇溶蛋白主要是分布于 ω 区的高分子量亚基；密穗赖草、卡瑞赖草、多枝赖草、杂种赖草、滨麦、毛穗赖草、柴达木赖草和大赖草主要是 α 和 β 区的低分子量亚基和 γ 区的高分子量亚基；沙生赖草和盐生赖草则主要在 β 和 α 区。在进行醇溶蛋白亚基克隆时，可根据不同需要选择合适的材料。

〔参 考 文 献〕

Bao XM（鲍晓明），Huang BQ（黄百渠），1993. Analysis of gliadin gene expression in wheat-wheatgrass alienaddition lines［J］. *Acta Agron Sin*（作物学报），**19**（3）：233—238

Dewey RD，1984. Gene manipulation in plant improvement［A］. In：J P Gustafson Edited，16th stadler genetic symposium［C］，209—279

Draper SR，1987. ISTA variety committee report of the working group for biochemical tests for cultivar identification 1983 – 1986［J］. *Seed Sci & Technol*，**15**：431—434

Ge RC（葛荣朝），Zhao ML（赵茂林），Li GL（李国亮），2001. Progress of study on transfer of useful gene from *Leymus* to common wheat［J］. *J Hebei Normal Univ*（河北师范大学学报），**25**（4）：512—516

Jaccard P，1908. Nowvelles researches ser la distribution florale［J］. *Bull Soc Vaud Sci Nat*，**44**：223—270

Lan XJ（兰秀锦），Wei Ym（魏育明），Wang ZR（王志容），*et al*，1999. Gliadin comparison between *Aegilops tauschii* cosson from Chin and Middle-East［J］. *J Sichuan Agric Univ*（四川农业大学学报），**17**（3）：245—248

Pogna NE，Borghi B，Mellini F，*et al*，1986. Electrophoresis of gliadins for estimating the genetic purity in bread wheat seed production［J］. *Genet Agr*，**40**（2）：201—212

Rohlf FJ，1993. NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. version 1.80［M］. New York：Exeter Software，Setauket

Sun GL（孙根楼），Yan J（颜济），Yang JL（杨俊良），1990. Observation on chromosome numbers of perennial species of Triticeae from Xinjiang［J］. *Guihaia*（广西植物），**10**（2）：143—148

Tang HH（唐慧慧），Ding Y（丁毅），Hu YJ（胡耀军），2002. Genetic polymorphism of hordein in wild relatives of barley from China［J］. *J Wuhan Bot Res*（武汉植物学研究），**20**（4）：251—257

Tzvelev NN，1976. Poaceae URSS［M］. Leningrad：Nauka Publishers Leningrad Section，176—189

Yan J（颜济），Yang JL（杨俊良），1983. New species of *Leymus* from Chin［J］. *Acta Bot Yunnan*（云南植物研究），**5**（3）：275—276

Yan QC（颜启传），Huang YJ（黄亚军），Xu Y（徐媛），1992. Cultivar identification of barley and wheat with standard reference method from international seed testing association（ISTA）［J］. *Acta Agron Sin*（作物学报），**18**（1）：61—68

Yang RW（杨瑞武），Zhou YH（周永红），Zheng YL（郑有良），2000. The study on the gliadin of *Elymus* L.［J］. *J Sichuan Agric Univ*（四川农业大学学报），**18**（1）：11—14

Yang RW（杨瑞武），Zhou YH（周永红），Zheng YL（郑有良），*et al*，2001. Gliadin analysis of type species of four genera in Triticeae［J］. *Guihaia*（广西植物），**21**（3）：239—242

Zhan XY（湛小燕），Yu ZL（俞志隆），Huang PZ（黄培忠），1991. The polymorphism of hordein polypeptides of barley in China［J］. *Acta Genet Sin*（遗传学报），**18**（3）：252—262

Zhang XY（张学勇），Yang XM（杨欣明），Dong YS（董玉琛），1995. Genetic analysis of wheat germplasm by acid polyacrylamide del electrophoresis of gliadins［J］. *Sci Agric Sin*（中国农业科学），**28**（4）：25—32

Zhi L（智力），Cai LB（蔡联炳），2000. Karyotypes and evolution of five species of *Leymus* Hochst.［J］. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*（西北植物学报），**20**（5）：876—881